

51

Int. Cl. 2:

B 21 D 7/00

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



DT 25 46 695 A 1

11

# Offenlegungsschrift 25 46 695

21

Aktenzeichen: P 25 46 695.9-14

22

Anmeldetag: 17. 10. 75

43

Offenlegungstag: 24. 3. 77

30

Unionspriorität:

32 33 31

18. 9. 75 Japan

Vorlage	Ablage	P 935
Haupttermin		
Eing.: 02. MAI 2005		
PA. Dr. Peter Riebling		
Bearb.:	Vorgelegt.	

54

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zum kontinuierlichen Biegen von langgestreckten Werkstücken

71

Anmelder: Daiichi Koshuha Kogyo K.K., Tokio

74

Vertreter: Lorenz, E.; Seidler, B.; Seidler, M.; Witt, L., Dr.; Gossel, H.K., Dipl.-Ing.; Herold, Ch.; Rechtsanwälte, 8000 München

72

Erfinder: Kawanami, Shunpei, Hiratsuka; Hanamoto, Yukimitsu, Yokohama; Kanagawa (Japan)

Prüfungsantrag gem. § 28 b PatG ist gestellt

DT 25 46 695 A 1

4346

BEST AVAILABLE COPY

3. 77 709 812/253

11/60

## Patentansprüche :

1. Verfahren zum kontinuierlichen Biegen von langgestreckten Werkstücken, dadurch gekennzeichnet, daß ein zu biegendes, langgestrecktes Werkstück frei längs seiner Achse geführt wird, und zwar mit Hilfe einer Führungseinrichtung, die beispielsweise aus Sätzen von Rollen oder dergleichen besteht und an dem langgestreckten Werkstück an einer geeigneten, zwischen seinen Enden liegenden Stelle angreift, daß das langgestreckte Werkstück an seinem vorderen Ende in einer Spannvorrichtung eingespannt wird, die geeignet ist, unter der Einwirkung einer genügenden Antriebskraft auf das Werkstück ein Biegemoment auszuüben und die gleichzeitig in einer zu dem Boden parallelen Ebene frei bewegbar ist, daß die Spannvorrichtung mit einer geeigneten Winkelgeschwindigkeit gedreht und dadurch auf das langgestreckte Werkstück ein einfaches, reines Biegemoment ausgeübt wird, daß das langgestreckte Werkstück mit Hilfe einer Induktionsheizspule oder eines Gasbrenners an einer geeigneten Stelle zwischen der Führungseinrichtung und der Spannvorrichtung in einer begrenzten, schmalen Zone erhitzt wird, die sich rechtwinklig oder annähernd rechtwinklig zu der Achse des langgestreckten Werkstückes erstreckt, so daß der Widerstand gegen eine plastische Verformung weitgehend herabgesetzt wird, und daß diese schmale erhitzte Zone mit einer geeigneten Relativgeschwindigkeit langsam längs der Achse des langgestreckten Werkstückes bewegt wird.
2. Vorrichtung zum kontinuierlichen Biegen von langgestreckten Werkstücken, gekennzeichnet durch eine Führungseinrichtung mit zwei oder mehreren Paaren von Führungsrollen, wobei die Führungsrollen jedes Paares auf entgegengesetzten Seiten des langgestreckten Werkstückes angeordnet sind und die Führungsrollen das langgestreckte Werkstück an einer zwischen seinen

Enden liegenden Stelle abstützen und führen, durch eine am oberen Ende des langgestreckten Werkstückes angeordnete Drehmomenterzeugungseinrichtung mit einem Längsschlitten, der sich rechtwinklig zu der Achse des ungebogenen Teils des zu biegenden, langgestreckten Werkstückes erstreckt und der nur in der Richtung der Achse des ungebogenen Teils des langgestreckten Werkstückes bewegbar ist, und mit einem auf dem Längsschlitten angeordneten Querschlitten, der nur längs einer zu der Längsrichtung des Längsschlittens parallelen Führungsfläche bewegbar und der mit einer Spannvorrichtung versehen ist, die zum festen Einspannen des langgestreckten Werkstückes an dessen vorderem Ende dient, sowie einen Antriebsmotor zum Ausüben eines Biegemoments auf das langgestreckte Werkstück mittels der Spannvorrichtung, durch eine Vorschubeinrichtung zum Vorschieben des langgestreckten Werkstückes zusammen mit der Drehmomenterzeugungseinrichtung, durch eine vor der Führungseinrichtung in der Nähe derselben angeordnete Induktionsspule oder einen Gasbrenner oder eine andere Heizeinrichtung zum Erhitzen des langgestreckten Werkstückes in einer begrenzten, schmalen Zone, die sich im wesentlichen rechtwinklig zu dem langgestreckten Werkstück erstreckt, und durch eine vor der Heizeinrichtung angeordnete Kühleinrichtung zum Kühlen des langgestreckten Werkstückes am vorderen Rand der erhitzten Zone an einer Stelle, an der die in der erhitzten Zone erfolgte, plastische Verformung beendet ist, so daß das Werkstück an dieser Stelle erstarrt, wobei gegebenenfalls eine Druckspanneinrichtung vorgesehen ist, die dazu dient, in dem langgestreckten Werkstück erforderlichenfalls eine Druckspannung zu erzeugen, um eine Herabsetzung der Wandstärke des langgestreckten Werkstückes zu verhindern.

709812/0253

- 3 -

DAIICHI KOSHUHA KOGYO K.K.

Verfahren und Vorrichtung zum kontinuierlichen Biegen von langgestreckten Werkstücken

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Biegen von langgestreckten Werkstücken. Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann nicht nur einen normalen, einzigen Biegevorgang ohne Verwendung einer Formwalze oder von anderen Werkzeugen durchführen, sondern kann auch in einem Arbeitsgang an einem Werkstück kontinuierlich oder diskontinuierlich mehrere Biegevorgänge durchführen, die zur Ausbildung von Biegungen mit verschiedenen und/oder veränderlichen Krümmungen führen bei denen das Werkstück nicht umgespannt zu werden braucht.

Die bisher normalerweise verwendeten Kaltbiegevorrichtungen kann man in drei Arten einteilen. Die Vorrichtungen der ersten Art besitzen eine Formwalze, einen Dorn und andere Werkzeuge und sind zum Biegen eines Rohrs geeignet, das um die Formwalze herumgewickelt wird. Die Vorrichtungen der zweiten Art sind mit Formwerkzeugen versehen, die zum Biegen eines Rohrs einen Druck auf dieses ausüben. Die Vorrichtungen der dritten Art sind mit drei Walzen versehen, die zum Biegen eines zwischen ihnen hindurchgeführten Rohrs einen Druck auf dieses ausüben, wobei sich die gegeneinander versetzten Walzen auf dem Rohr abwälzen.

Bei den Vorrichtungen der ersten Art sind zur Erzielung verschiedener Krümmungen zahlreiche verschiedene Formwalzen und für verschieden große Rohre zahlreiche Dorne und andere Werkzeuge erforderlich. Trotzdem sind die Vorrichtungen dieser Art zum Biegen mit großem relativem Biegeradius nicht geeignet. Dabei wird als relativer Biegeradius der durch den Durchmesser des zu biegenden

- 2 -

709812/0253

Rohrs geteilte Biegeradius (R/D) bezeichnet.

Die Vorrichtungen der zweiten und der dritten Art sind zwar zum Biegen mit großem relativem Biegeradius geeignet, doch treten Schwierigkeiten auf, wenn das Biegen mit hoher Präzision durchgeführt werden soll. Ferner sind diese Vorrichtungen zum Biegen mit kleinem relativem Biegeradius nicht geeignet.

In der japanischen Patentschrift 419 799 ist eine Erfindung beschrieben, der die Aufgabe zugrundeliegt, die vorstehend genannten Nachteile der bekannten Vorrichtungen zu vermeiden und in der ein zu biegendes, langgestrecktes Werkstück zwischen seinen Enden mit zwei Paaren von Führungsrollen abgestützt und geführt wird, das langgestreckte Werkstück an seinem vorderen Ende in einer Spannvorrichtung eingespannt wird, die mit einem Bieearm verbunden ist, der um den Biegemittelpunkt frei drehbar ist, das langgestreckte Werkstück mit konstanter Geschwindigkeit längs seiner Achse vorgeschoben und in der Nähe der Führungsrolle in einer begrenzten, kleinen, kreisförmigen Zone durch Hochfrequenz-Induktionsheizung erhitzt wird, worauf die Vorrichtung das langgestreckte Werkstück ohne Verwendung von Formwalzen und anderen Werkzeugen biegen kann. Mit dieser Vorrichtung werden zahlreiche Probleme gelöst, die bei den vorstehend erläuterten Biegevorrichtungen der drei vorstehend erwähnten Arten auftreten. Die Vorrichtung gemäß der genannten japanischen Patentschrift eignet sich jedoch nicht zum Biegen mit einem sehr großen Biegeradius von beispielsweise 50 m, weil der Biegeradius durch die Länge des Bieearms begrenzt ist. Ferner muß bei der Verwendung der Vorrichtung das langgestreckte Werkstück umgespannt werden, ehe ein weiterer Biegeschritt ausgeführt werden kann, und müssen zur Veränderung des Biegeradius der Biegemittelpunkt und die wirksame Länge des Bieearms verändert werden.

Außerdem ist die zuletztgenannte Vorrichtung nicht imstande, an einem Werkstück mehrere Biegevorgänge kontinuierlich oder diskontinuierlich in einem Arbeitsgang ohne Umspannen des Werkstückes durchzuführen.

Die Aufgabe der Erfindung besteht in der Schaffung eines Verfahrens und einer Vorrichtung, die es ermöglichen, an einem Werkstück sowohl einen normalen einzigen Biegevorgang mit konstanter Krümmung als auch kontinuierlich oder diskontinuierlich mehrere Biegevorgänge durchzuführen, die zu mehreren Biegungen mit verschiedenen oder frei wählbaren Krümmungen führen können.

Erfindungsgemäß wird ein langgestrecktes Werkstück in einer schmalen, begrenzten Zone erhitzt, in der das Werkstück unter der Einwirkung eines reinen Biegemoments plastisch verformt werden soll und wird die erhitzte Zone mit einer geeigneten Relativgeschwindigkeit längs der Achse des zu biegenden, langgestreckten Werkstückes bewegt. Zum Ausüben eines einfachen, reinen Biegemoments auf das langgestreckte Werkstück wird eine Spannvorrichtung, gedreht, mit der das langgestreckte Werkstück am einen Ende eingespannt ist. Dabei kann die Drehrichtung der Spannvorrichtung frei gewählt werden. Die Spannvorrichtung wird von einer Drehmomenterzeugungseinrichtung getragen, die es ermöglicht, das Verhältnis der Vorschubgeschwindigkeit der erhitzten Zone zu der Winkelgeschwindigkeit der Spannvorrichtung und damit den Biegeradius und den Biegewinkel nach einem vorgegebenen Programm zu steuern.

Das Verfahren und die Vorrichtung gemäß der Erfindung ermöglichen daher nicht nur ein einfaches Biegen mit konstantem Radius, sondern auch die Durchführung von mehreren kontinuierlichen oder diskontinuierlichen Biegevorgängen an einem Werkstück mit verschiedenen und/oder veränderbaren Biegeradien und/

oder Biegewinkeln in einem einzigen Arbeitsgang, ohne daß ein Umspannen des zu biegenden, langgestreckten Werkstückes erforderlich ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich dadurch aus, daß ein zu biegendes, langgestrecktes Werkstück frei längs seiner Achse geführt wird, und zwar mit Hilfe einer Führungseinrichtung, die beispielsweise aus Sätzen von Rollen oder dergleichen besteht und an dem langgestreckten Werkstück an einer geeigneten, zwischen seinen Enden liegenden Stelle angreift, daß das langgestreckte Werkstück an seinem vorderen Ende in einer Spannvorrichtung eingespannt wird, die geeignet ist, unter der Einwirkung einer genügenden Antriebskraft auf das Werkstück ein Biegemoment auszuüben und die gleichzeitig in einer zu dem Boden parallelen Ebene frei bewegbar ist, daß die Spannvorrichtung mit einer geeigneten Winkelgeschwindigkeit gedreht und dadurch auf das langgestreckte Werkstück ein einfaches, reines Biegemoment ausgeübt wird, daß das langgestreckte Werkstück mit Hilfe einer Induktionsheizspule oder eines Gasbrenners an einer geeigneten Stelle zwischen der Führungseinrichtung und der Spannvorrichtung in einer begrenzten, schmalen Zone erhitzt wird, die sich rechtwinklig oder annähernd rechtwinklig zu der Achse des langgestreckten Werkstückes erstreckt, so daß der Widerstand gegen eine plastische Verformung weitgehend herabgesetzt wird, und daß diese schmale erhitzte Zone mit einer geeigneten Relativgeschwindigkeit langsam längs der Achse des langgestreckten Werkstückes bewegt wird.

Eine zur Durchführung dieses Verfahrens geeignete Vorrichtung zeichnet sich aus durch eine Führungseinrichtung mit zwei oder mehreren Paaren von Führungsrollen, wobei die Führungsrollen jedes Paares auf entgegengesetzten Seiten des langgestreckten Werkstückes angeordnet sind und die Führungsrollen das lang-

gestreckte Werkstück an einer zwischen seinen Enden liegenden Stelle abstützen und führen, durch eine am oberen Ende des langgestreckten Werkstückes angeordnete Drehmomenterzeugungseinrichtung mit einem Längsschlitten, der sich rechtwinklig zu der Achse des ungebogenen Teils des zu biegenden, langgestreckten Werkstückes erstreckt und der nur in der Richtung der Achse des ungebogenen Teils des langgestreckten Werkstückes bewegbar ist, und mit einem auf dem Längsschlitten angeordneten Querschlitten, der nur längs einer zu der Längsrichtung des Längsschlittens parallelen Führungsfläche bewegbar und der mit einer Spannvorrichtung versehen ist, die zum festen Einspannen des langgestreckten Werkstückes an dessen vorderem Ende dient, sowie einen Antriebsmotor zum Ausüben eines Biegemoments, auf das langgestreckte Werkstück mittels der Spannvorrichtung, durch eine Vorschubeinrichtung zum Vorschieben des langgestreckten Werkstückes zusammen mit der Drehmomenterzeugungseinrichtung, durch eine vor der Führungseinrichtung in der Nähe derselben angeordnete Induktionsspule oder einen Gasbrenner oder eine andere Heizeinrichtung zum Erhitzen des langgestreckten Werkstückes in einer begrenzten, schmalen Zone, die sich im wesentlichen rechtwinklig zu dem langgestreckten Werkstück erstreckt, und durch eine vor der Heizeinrichtung angeordnete Kühleinrichtung zum Kühlen des langgestreckten Werkstückes am vorderen Rand der erhitzten Zone an einer Stelle, an der die in der erhitzten Zone erfolgte, plastische Verformung beendet ist, so daß das Werkstück an dieser Stelle erstarrt.

Diese Vorrichtung kann zusätzlich eine Druckspanneinrichtung aufweisen, die dazu dient, in dem langgestreckten Werkstück erforderlichenfalls eine Druckspannung zu erzeugen, um eine Herabsetzung der Wandstärke des langgestreckten Werkstückes zu verhindern.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der Zeichnungen erläutert.  
In diesen zeigt



Fig. 1 in Draufsicht ein Ausführungsbeispiel der Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Fig. 2 erläutert das Prinzip des erfindungsgemäß durchgeführten Biegevorganges.

Fig. 3-5 zeigen im Schnitt mehrere Ausführungsbeispiele von Druckspanneinrichtungen, die auf das zu biegende Rohr einwirken.

Fig. 6 zeigt in einer Draufsicht ein anderes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

In Fig. 1 ist ein gerades Rohr 1 gezeigt, das mit mehreren Biegungen versehen werden soll. Auf einem ortsfesten Gestell sind zwei Paare von Führungsrollen 2-2', 3-3' angeordnet, die eine Führungseinrichtung A bilden und das langgestreckte Werkstück längs seiner Achse frei führen.

Zwischen den beiden Führungsrollenpaaren ist das langgestreckte Werkstück symmetrisch von einem Satz von Klemmwalzen 4-4' umgeben, die von einem geeigneten Motor mit geeigneter Geschwindigkeit angetrieben werden und zusammen mit diesem Motor die Vorschubeinrichtung B bilden.

Mit 5 ist ein Längsschlitten bezeichnet, der vor der Führungseinrichtung A angeordnet ist und einen im wesentlichen rechteckigen Rahmen besitzt, der sich rechtwinklig zu der Achse des Rohrs 1 erstreckt. Der Längsschlitten 5 ist nur in der Richtung des ungebogenen Teils des zu biegenden Rohrs bewegbar. Zu diesem Zweck ist der Längsschlitten auf Führungsschienen 51, 51' mit Hilfe von Rädern 52, 52' abgestützt und geführt, die sich auf den Führungsschienen 51, 51' frei abwälzen können und in den Fahrgestellen 54, 54' des Längsschlittens 5 gelagert sind. Der Längsschlitten 5 ist ferner mit Fahrgestellen 55, 55' versehen, die an beiden Enden Räder 53, 53' tragen, die sich auf den Seitenflächen der Führungsschienen 51, 51' abwälzen können.

und verhindern, daß sich der Tragrahmen unter der Einwirkung des durch das Biegemoment hervorgerufenen Gegendrehmoments dreht. Der Rahmen des Längsschlittens 5 ist mit Führungsflächen 56, 56' ausgebildet, die sich in der Längsrichtung des Längsschlittens, d.h., rechtwinklig zu der Achse des ungebogenen Teils des Rohrs 1, erstrecken. Ein Querschlitten 6 ist mit vier Rädern versehen, die an je einer Ecke des Querschlittens angeordnet sind und sich auf den Führungsflächen 56, 56' abwälzen können, so daß der Querschlitten längs derselben mit minimaler Reibung verfahrbar ist. In dem Querschlitten 6 ist annähernd in der Mitte desselben ein kreisförmiger Tisch 7 drehbar gelagert, der mit Hilfe eines Motors 71 langsam gedreht wird und mit einer Spannvorrichtung 8 versehen ist, die dazu dient, das Rohr 1 an seinem Ende einzuspannen und auf das Rohr ein Biegemoment oder Drehmoment auszuüben. Die Teile 5 bis 8 bilden die Drehmomenterzeugungseinrichtung C.

In geringem Abstand vor den Führungsrollen 3, 3 ist eine kreisförmige elektrische Induktionsheizspule 9 oder ein Gasbrennerkranz 9 angeordnet, die bzw. der sich rechtwinklig oder annähernd rechtwinklig zu dem Rohr 1 erstreckt und geeignet ist, das Rohr 1 in einer begrenzten, schmalen Zone zu erhitzen, in der die plastische Biegeverformung stattfindet. Diese Spule oder dieser Kranz 9 bildet zusammen mit einem Transformator bzw. einer Gasquelle 10 eine Heizeinrichtung D.

Es ist ein Doppelmantelring 11 vorgesehen, der zahlreiche Öffnungen für den Durchtritt eines Kühlmittels, wie Wasser, Luft, Sprühregen oder dergleichen besitzt, das zum Kühlen des Rohrs 1 am vorderen Rand der erhitzten Zone und damit zum Begrenzen der Breite derselben und zur Verhinderung einer zu starken Verformung des Rohrs 1 dient. Dieser Ring 11 ist mit einer nicht

gezeigten Quelle des Kühlmittels verbunden und bildet zusammen mit dieser Quelle die Kühleinrichtung E. Die vorstehend beschriebenen Einrichtungen A bis E bilden eine Vorrichtung zum Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Mit Hilfe der vorstehend beschriebenen Vorrichtung kann das erfindungsgemäße Verfahren befriedigend durchgeführt werden. Daher sei jetzt das der Erfindung zugrundeliegende Prinzip anhand dieser Vorrichtung erläutert, die in Fig. 1 gezeigt ist, sowie anhand der Fig. 2, in welcher das der Erfindung zugrundeliegende Prinzip schematisch dargestellt ist.

Der Biegevorgang wird wie folgt durchgeführt: Ein von zwei Paaren von Führungsrollen 2-2' und 3-3' der Führungseinrichtung A abgestütztes und geführtes Rohr 1 wird zunächst an seinem vorderen Ende fest eingespannt. Dann werden die genannten Führungsrollen so eingestellt, daß sie miteinander fluchten und wird ein Motor 71 eingeschaltet, der den kreisförmigen Tisch 7 und die Klemmeinrichtung 8 antreibt. Gleichzeitig wird ein nicht gezeigter Motor eingeschaltet, der eine Vorschubeinrichtung antreibt, so daß das Rohr 1 zusätzlich nach einem vorherbestimmten Programm vorgeschoben wird. Ferner werden gleichzeitig die Heizeinrichtung D und die Kühleinrichtung E eingeschaltet. Jetzt beginnt der Biegevorgang.

Das Programm für den Lauf des vorgenannten, in den Zeichnungen nicht dargestellten Motors der Vorschubeinrichtung B und des Motors 71 der Drehmomenterzeugungseinrichtung C kann aufgrund der nachstehenden Beziehungen bestimmt werden.

	Es sei
S	die Länge des gebogenen Teils des Rohrs 1,
$ds/dt$	die Vorschubgeschwindigkeit des Rohrs 1 (ungebogener Teil)
$ds'/dt$	die Vorschubgeschwindigkeit des gebogenen Teils des Rohrs 1,

der Biegewinkel, der im wesentlichen gleich dem Drehwinkel der Spannvorrichtung 8 ist, und  
 $d\theta/dt$  die Winkelgeschwindigkeit der Spannvorrichtung 8.

Wenn nun das Rohr in der erhitzten Zone, die sich zwischen dem ungebogenen und dem gebogenen Teil des Rohrs befindet, nicht auf Druck, Zug oder Schub beansprucht wird, so daß  $ds/dt = ds'/dt$  ist und in der erhitzten Zone nur ein reines Biegemoment wirken kann, wird der Biegeradius R durch die Gleichung

$$R = \frac{s'}{\theta} = \frac{ds'/dt}{d\theta/dt} \quad (1)$$

bestimmt. Man erkennt aus dieser Gleichung, daß der Biegeradius R von dem Verhältnis der Vorschubgeschwindigkeit des gebogenen Teils zu der Winkelgeschwindigkeit der Spannvorrichtung 8 abhängig ist.

Bei einem konstanten Verhältnis der Vorschubgeschwindigkeit des gebogenen Teils des Rohrs zu der Winkelgeschwindigkeit der Spannvorrichtung 8 würde man natürlich einen konstanten Biegeradius erhalten, und eine Veränderung des Verhältnisses dieser beiden Geschwindigkeiten würde zu einer Veränderung des Biegeradius führen. Wenn man nur das Rohr 1 verschiebt, ohne die Spannvorrichtung 8 zu drehen, ist das Verhältnis der beiden Geschwindigkeiten und damit auch der Biegeradius unendlich groß, d.h., daß keine Biegung sondern nur ein Vorschub stattfindet. Aus Vorstehendem ergibt sich, daß jedes erforderliche Biegeprogramm durchgeführt werden kann, wobei auch mehrere Biegevorgänge mit verschiedenen und/oder sich verändernden Biegeradien und mit beliebigen Biegewinkel durchgeführt und auch Rohre mit geraden Strecken erzielt werden können.

In der in Fig. 1 dargestellten Vorrichtung ist jeder Schlitten mit frei drehbaren Rollen oder Rädern versehen, damit der Reibungswiderstand möglichst niedrig ist. Ferner sind die Abstände

zwischen den Rollen oder Rädern jedes Paares so groß gewählt, daß ihre durch die Drehmomenterzeugungseinrichtung C hervorgerufene Reaktionskraft möglichst klein ist, so daß an den Führungen für den Längsschlitten 5 und den Querschlitten 6 kein schädlicher Reibungswiderstand auftreten kann und außer dem von der Drehmomenterzeugungseinrichtung C erzeugten und zum Biegen des Rohrs 1 erforderlichen, einfachen reinen Biegemoment kein zusätzliches oder überschüssiges Biegemoment und keine Schubkraft auftreten kann.

Infolge dieses Aufbaus der Vorrichtung wird das vorstehend erwähnte, einfache, reine Biegemoment auf den zwischen den Führungsrollen 3-3' und der Spannvorrichtung 8 befindlichen Teil des Rohrs 1 gleichmäßig verteilt und wirken auf diesen Rohrteil keine anderen Kräfte ein, so daß der Biegeradius der vorstehend genannten Gleichung (1) genau entspricht.

Die vorstehend beschriebene Vorrichtung gemäß der Erfindung ist zum Biegen mit großem relativem Biegeradius gut geeignet, zum Biegen mit kleinem relativem Biegeradius aber nicht gut geeignet, weil dabei die Wandstärke an dem äußeren Biegeradius verringert und am inneren Biegeradius vergrößert wird.

Diese Veränderung der Wandstärke kann man verhindern, wenn man die in Fig. 1 dargestellte Biegevorrichtung mit einer geeigneten Zusatzeinrichtung versieht.

Dabei kann man nach einem von zwei Verfahren arbeiten. In dem einen Verfahren wird die Temperaturverteilung am Rohrumfang in der erhitzten Zone so gesteuert, daß das Rohr auf seiner von dem Biegemittelpunkt abgekehrten Seite kühler gehalten wird als auf seiner dem Biegemittelpunkt zugekehrten Seite. Zu diesem Zweck wird die Heizspule oder Heizschlange 11 in Bezug auf die Achse des Rohrs 1 exzentrisch angeordnet oder wird die das Rohr

in der erhitzten Biegezone auf seiner von dem Biegemittelpunkt abgekehrten Seite entsprechend gekühlt. Nach dem anderen Verfahren wird auf das Rohr 1 eine in der Richtung seiner Achse wirkende Druckkraft ausgeübt, so daß beim Biegen des Rohrs in der erhitzten Zone die Wandstärke des Rohrs vergrößert wird. Dieses Verfahren ist in den Figuren 3-5 erläutert. Hier ist eine Einrichtung F gezeigt, die auf das in der Biegevorrichtung gemäß Fig. 1 angeordnete, zu biegende Rohr 1 einen Druck ausübt.

Die Druckspanneinrichtung F besitzt ein Zugelement das beispielsweise aus einem Drahtseil 12 besteht und sich durch das Rohr 1 erstreckt und am einen Ende desselben mit einem Verbinder 13 festgelegt ist. An dem anderen Ende des Zugelements wird mit Hilfe eines hydraulischen Kolbentriebes 15, der eine Kolbenstange 151 besitzt und dessen Zylinder durch einen Verbinder 14 mit dem anderen Ende des Rohrs 1 verbunden ist, eine Zugkraft auf das Zugelement ausgeübt.

Infolge dieser Anordnung kann die Druckspanneinrichtung F mittels der von dem hydraulischen Kolbentrieb 15 ausgeübten Zugkraft in dem Rohr 1 über dessen Länge eine genügend starke Druckspannung erzeugen.

Man kann die Druckspanneinrichtung F erforderlichenfalls ohne weiteres an dem Rohr 1 anbringen, ehe dieses in eine Biegevorrichtung eingesetzt wird. Die Druckspannvorrichtung verhindert beim Biegen des Rohrs eine Verringerung seiner Wandstärke. Man kann die Druckspanneinrichtung auch bei anderen Biegevorrichtungen verwenden, die mit Hochfrequenzinduktionserhitzung arbeiten.

Die in Fig. 4 dargestellte Druckspanneinrichtung F' besitzt anstelle des Drahtseils 12 eine Kette 120 mit Ansätzen 121.

Die in Fig. 3 dargestellte Druckspanneinrichtung F kann vorteilhaft beim Biegen mit großem relativem Biegeradius verwendet werden, ermöglicht aber kein Biegen mit kleinem relativem Biegeradius, weil in diesem Fall der Winkel zwischen der Achse des Drahtseils 12 und der Achse des Rohrs 1 größer ist, so daß die Richtung der Zugkraft nicht parallel zu der Achse des Rohrs gehalten werden kann. Diese Auslenkung der Zugkraft führt zu einem schädlichen Biegemoment und daher zu einem ungenauen Biegen,

Dagegen kann die in Fig. 4 dargestellte Druckspanneinrichtung F' nur eine reine Druckkraft, ohne ein Biegemoment oder eine Schubkraft, erzeugen, weil durch eine nachstehend beschriebene, geeignete Einrichtung gewährleistet ist, daß die Achse des Rohrs 1 und die Achse der Kette 120 im wesentlichen miteinander übereinstimmen.

In Fig. 5 ist eine Druckspanneinrichtung in Form einer Kette 120' gezeigt, deren Glieder so ausgebildet sind, daß sie ein Eindringen des gebogenen Teils des Rohrs verhindern, so daß die Kette gleichzeitig als Dorn wirkt.

Die Kette 120 besteht aus T-förmigen Gliedern mit Ansätzen 121, die abwechselnd auf der einen und der anderen Seite angeordnet sind. Dadurch wird gewährleistet, daß die Achse der Kette 120 auf der ganzen Länge des Rohrs 1 unabhängig von dessen Biegezustand mit der Achse des Rohrs übereinstimmt. Die Kette 120' besteht dagegen aus L-förmigen Gliedern, die je einen Ansatz 121' haben, der an dem Gelenkzapfen jedes Gliedes rechtwinklig zu dessen Längsachse vorsteht und mit einer Fläche 122 von geeigneter Krümmung ausgebildet ist. Dieser Ansatz ist so ausgebildet und bemessen, daß die gekrümmte Fläche 122 an der Innenwandung des Rohrs angreift und diese Innenwandung etwas wegdrückt und daß einander be-

nachbarte Glieder unter einem stumpfen Winkel von annähernd  $180^\circ$  zueinander angeordnet sind. Wenn man die Kette 120' in das Rohr 1 einführt und an der Kette zieht, verläuft deren Achse daher längs einer Zickzacklinie.

Zum Unterschied von dem vorhergehenden Ausführungsbeispiel kann die Kette 120' nicht nur eine Druckkraft längs der Achse des Rohrs 1 sondern auch eine zu der Achse des Rohrs rechtwinklig wirkende Kraft ausüben, die beim Biegen des Rohrs ein Eindringen desselben in gewissem Ausmaß verhindern kann. Die Kette 120' dient daher nicht nur als Druckspanneinrichtung, sondern auch als Dorn.

Fig. 6 zeigt eine erfindungsgemäß ausgebildete Zusatzeinrichtung, mit der die vorstehend beschriebene Biegevorrichtung versehen werden kann, um eine glattere Bewegung des Querschlittens 6 und daher ein Biegen mit höherer Genauigkeit zu gewährleisten.

Gemäß Fig. 6 ist der Längsschlitten 5 der Drehmomenterzeugungseinrichtung C mit einer Gewindespindel 57 versehen, die sich in der Längsrichtung des Längsschlittens erstreckt und von einem Servomotor 58 angetrieben wird. Der Querschlitten 6 ist mit einer Mutter versehen, die auf die Gewindespindel 57 aufgeschraubt ist, so daß bei einer Drehung der Gewindespindel 57 der Querschlitten 6 langsam angetrieben wird.

Die Drehzahl des Servomotors 58 wird so geregelt, daß die Reaktionskraft an jeweils zwei einander diagonal gegenüberliegenden Führungsrollen 2-3' und 2'-3 gleichgehalten werden. Zu diesem Zweck ist zwischen jeder Führungsrolle 2, 2', 3, 3' und ihrem Trägergestell ein Fühler 22, 22', 33 oder 33', beispielsweise eine Kraftmeßdose oder dergleichen, angeordnet. Diese vier Fühler bilden zwei Paare von einander diagonal gegenüber-



liegenden Fühlern. Das erste Fühlerpaar besteht aus den Fühlern 22 und 33' und das zweite Paar aus den Fühlern 22' und 33. Die Ausgänge der Fühler 22, 33', 22', 33 werden an einen Regler 201 angelegt, in dem die Differenz zwischen den Reaktionskräften an den auf den beiden Diagonalen angeordneten Fühlerpaaren gemessen und in Abhängigkeit von dieser Differenz mit Hilfe von geeigneten Proportionalgliedern und anderen geeigneten Steuerungseinrichtungen durch Steuerung der dem Servomotor 58 zugeführten Energie dessen Drehzahl und damit die Geschwindigkeit der Bewegung des Querschlittens 6 so geregelt wird, daß die Differenz zwischen den genannten Reaktionskräften im wesentlichen auf Null gehalten wird.

Zur Umkehrung der Drehrichtung des Servomotors 58 können die Anschlüsse der beiden Fühlerpaare an den Regler 201 nach einem vorgegebenen Programm vertauscht werden.

Die übrigen in Fig. 6 gezeigten Elemente haben dieselben Funktionen wie in Fig. 1 und sind mit denselben Bezugsziffern bezeichnet.

Die vorstehend beschriebene Vorrichtung gemäß der Erfindung führt zur Bildung einer erhitzten Zone, in dem eine plastische Verformung unter der Einwirkung eines Biegemoments erfolgt, das durch die Drehung der Spannvorrichtung 8 erzeugt wird. Es tritt nur ein einfaches, reines Biegemoment und keine Schubkraft auf, so daß auf die Teile der Biegevorrichtung nur minimale Reaktionskräfte ausgeübt werden. Aus dem nachstehend erläuterten Grund wird auch die Genauigkeit des Biegens erhöht.

Auf den zwischen der von der Heizspule oder dem Brennerkranz 9 umgebenen, erhitzten Zone und der am vorderen Ende

des Rohrs befindlichen, eingespannten Zone desselben befindlichen, gebogenen Teil des Rohrs 1 wird keine Schubkraft ausgeübt, welche die Genauigkeit des Biegens beeinträchtigen würde, sondern nur ein einfaches, reines Biegemoment, das über den ganzen gebogenen Teil des Rohrs 1 gleichmäßig verteilt ist. Daher wird ein genaues Biegen ermöglicht und bleibt die elastische Kurve des gebogenen Teils des Rohrs 1 kreisförmig und kann die zu einem Rückfedern der Biegung führende, elastische Verformung ohne weiteres genau berechnet werden. Infolgedessen kann man den Biegeradius und den Biegewinkel genau bestimmen.

Dabei ist im Rahmen der Erfindung die Vorschubeinrichtung B zum Bewegen der erhitzten Zone des langgestreckten Werkstückes längs dessen Achse nicht auf die vorstehend beschriebene Ausführungsform mit den in der Führungseinrichtung A angeordneten Klemmwalzen 4, 4' eingeschränkt. Diese Vorschubeinrichtung kann beispielsweise auch aus einer Gewindespindel, einem hydraulischen Kolbentrieb, einer Kette oder einer anderen Einrichtung bestehen, die zum Verschieben des langgestreckten Werkstückes an dessen hinterem Ende angreifen kann.

Man kann die Vorschubeinrichtung B auch so ausbilden, daß das langgestreckte Werkstück an seinem hinteren Ende festgelegt und es mittels einer Führungseinrichtung A abgestützt wird, die aus zwei Paaren von Führungsrollen besteht, die nicht auf einem ortsfesten Träger montiert sind sondern gemeinsam mit der Heizeinrichtung längs der Achse des noch nicht gebogenen Teils des langgestreckten Werkzeuges bewegt werden können.

Man kann im Rahmen der Erfindung jede Vorschubeinrichtung verwenden, mit der die erhitzte Zone des langgestreckten Werkstückes mit einer geeigneten Relativgeschwindigkeit längs des langgestreckten Werkstückes bewegt werden kann.

Das Verfahren und die Vorrichtung gemäß der Erfindung können vorteilhaft auf das kontinuierliche oder diskontinuierliche Biegen von Rohrstücken mit mehreren Biegungen angewendet werden, beispielsweise von mehrfach gebogenen Rohrstücken für Raffinerien und andere chemische und andere Anlagen, von Ausdehnungsrohrkrümmern, z.B. mit zwei versetzten Biegungen oder Zickzackbiegungen, und von anderen Rohrkrümmern, wie sie oft in unterirdischen Rohrleitungen verwendet werden.

Durch die Anwendung der Erfindung wird die Produktivität beim Herstellen von Rohren mit mehreren oder komplexen Biegungen erhöht und werden die Herstellungskosten von gebogenen Rohren beträchtlich herabgesetzt. Die Erfindung ermöglicht ferner die Herstellung von Rohren mit neuartigen, Biegungen auf kleinem Raum, weil bei der Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens nach dem Einspannen des Rohrs an dessen einem Ende kein Umspannen des Rohrs erforderlich ist, während dies bei den bekannten normalen Biegevorrichtungen unvermeidlich ist.

Aus den vorstehend angegebenen Vorteilen geht hervor, daß die Erfindung bei der Herstellung von Rohren einen bemerkenswerten technischen Fortschritt darstellt.

709812/0253

FIG. 1

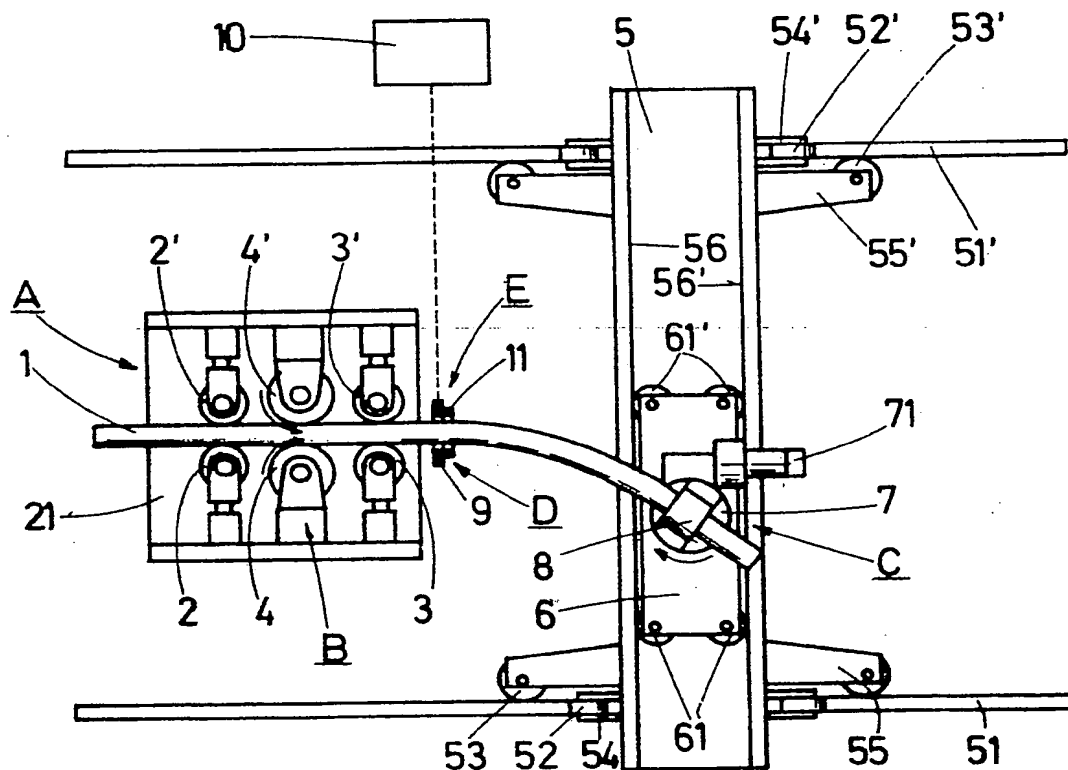
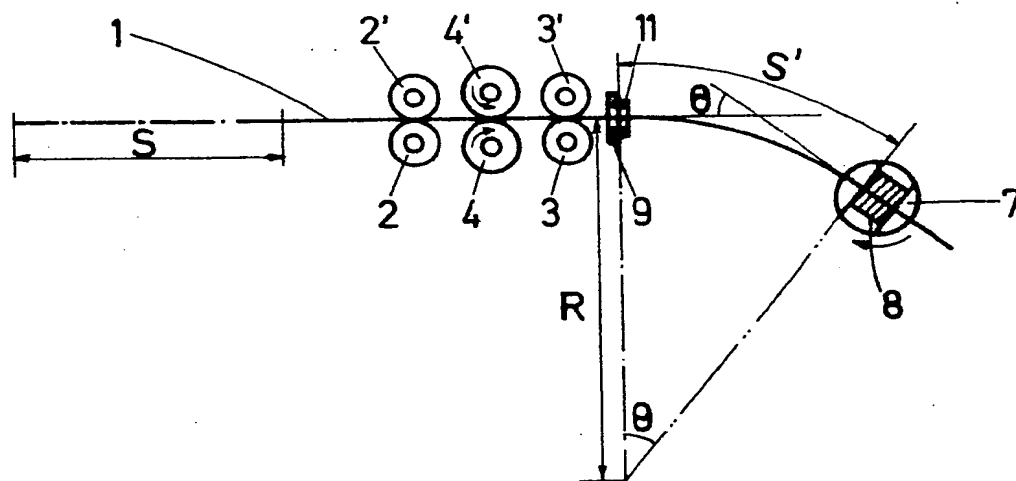


FIG. 2



B21D

7-00

AT:17.10.1975 OT:24.03.1977

709812/0253

FIG. 3

2546695

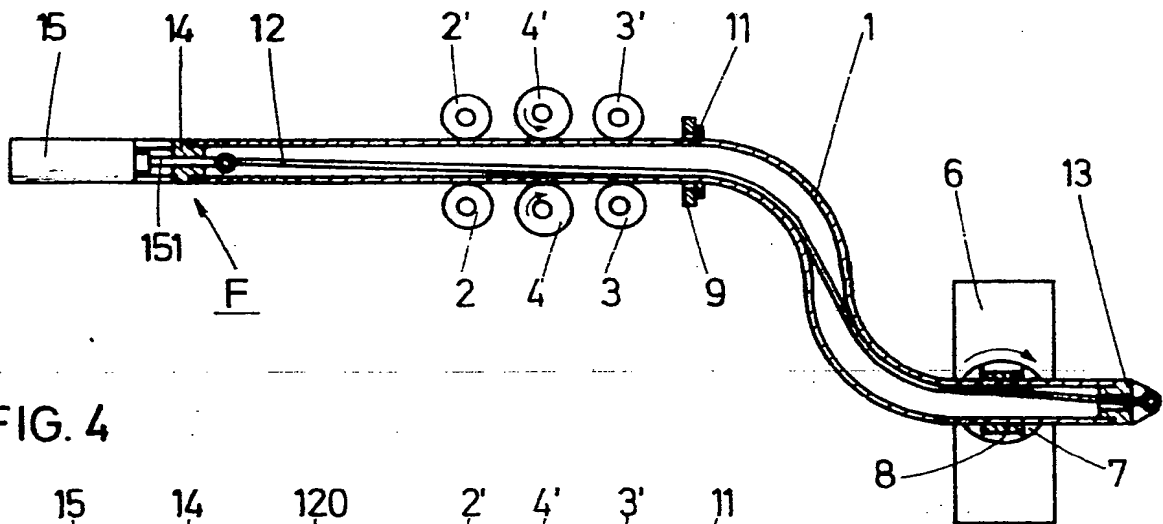


FIG. 4

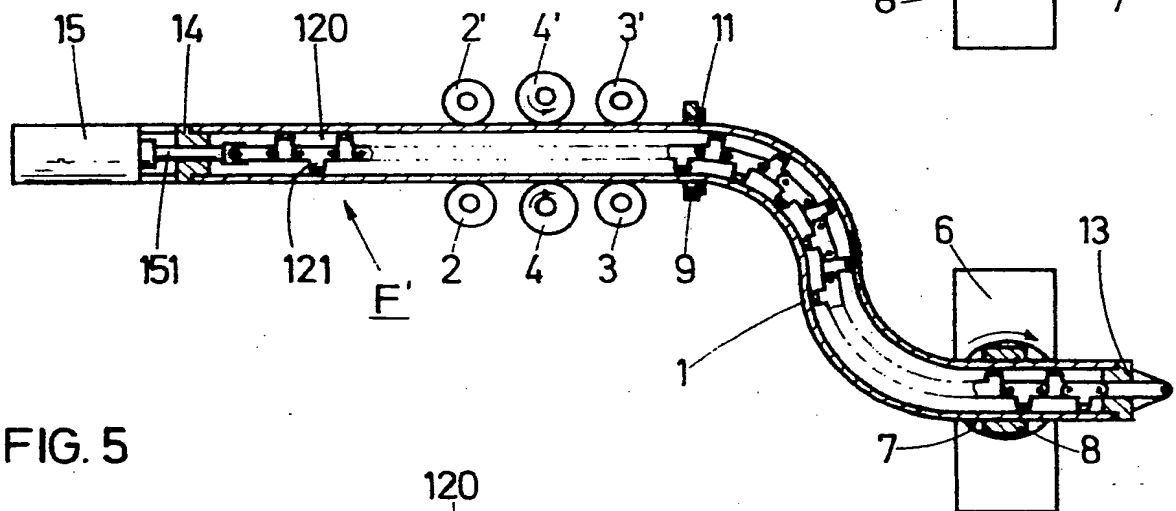
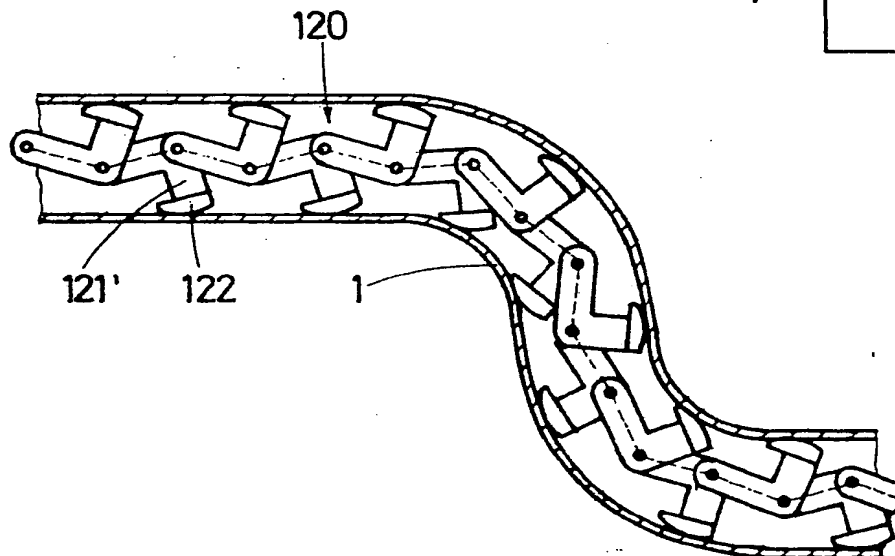
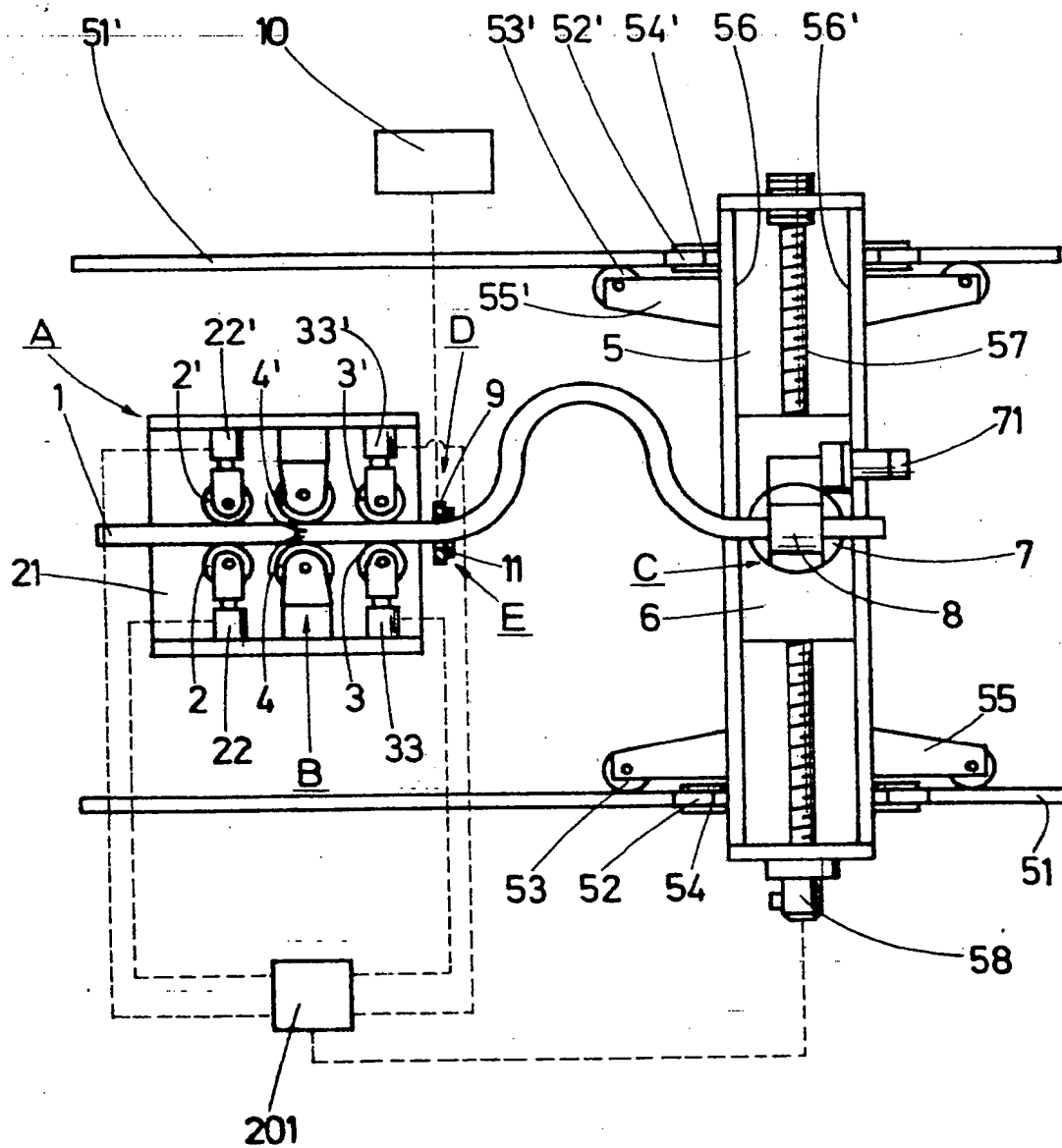


FIG. 5



709812/0253

FIG. 6



709812/0253

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES.
- ☒ ~~FADED~~ TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**